

*Centrum Ochrony
przed Przepięciami i Zakłóceniami Elektromagnetycznymi
w Białymstoku*



Zalecenia norm dotyczące materiałów stosowanych na uziomy sztuczne łączone z uziomem fundamentowym

Opracowanie:

dr inż. Tomasz Maksimowicz
dr inż. Mirosław Zielenkiewicz

RST Sp. z o.o.

15-620 BIAŁYSTOK
ul. Elewatorska 17/1

tel.: 792 350 100

www.rst.bialystok.pl
e-mail: rst@rst.bialystok.pl



Białystok, styczeń 2013 r.

Wstęp

Uziom fundamentowy stanowi w wielu przypadkach skuteczne rozwiązanie dla uziemienia instalacji elektrycznych lub odgromowych, w związku z czym jest on aktualnie wymagany jako uziom podstawowy dla obiektów budowlanych. Często jednak taki uziom wymaga uzupełnienia o dodatkowe zewnętrzne uziomy sztuczne umożliwiające uzyskanie dostatecznie małej rezystancji uziemienia lub spełnienie wymagań normatywnych odnoszących się do wymiarów geometrycznych uziomu. Podstawowym warunkiem dla zapewnienia układom uziomów długoletniego i skutecznego działania jest właściwy dobór materiałów stosowanych w konstrukcjach wzajemnie połączonych uziomów naturalnych i sztucznych. Wybór nieodpowiednich materiałów może prowadzić do przyspieszonej korozji uziomów i w rezultacie do szybkiej degradacji jego parametrów elektrycznych. Z tego powodu pograżane bezpośrednio w gruncie metalowe elementy uziomu sztucznego, łączonego z uziomem fundamentowym, powinny być wykonywane zgodnie z wymaganiami norm [1] wyłącznie z miedzi, stali nierdzewnej lub stali pomiedziowanej, a pierwsze zalecenia normatywne w tym zakresie wprowadzono w naszym kraju w kwietniu 2004 roku, czyli już ponad 8 lat temu [13, 14]. Stosowanie w tym celu stali ocynkowanej jest niedopuszczalne, ze względu na zbyt dużą różnicę potencjałów elektrochemicznych stali ocynkowanej i żelbetu, która stwarza warunki sprzyjające przyspieszonej korozji uziomu zewnętrznego. Aktualnie obowiązujące zasady prawidłowego projektowania systemów uziemiających w fundamencie i uziomów sztucznych instalowanych wokół obiektu budowlanego są w szczegółowy sposób opisane w normie PN-EN 62305-3:2009, przywołanej w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [2, 3] i zgodnie z zaleceniami tej normy powinny być wykonywane.

Uziom obiektu budowlanego

Uziemienie obiektu budowlanego ma na celu spełnienie wymagań ochrony przeciwporażeniowej, a także wymagań funkcjonalnych w stosunku do instalacji elektrycznej [4, 5] oraz instalacji odgromowej [1]. Główne przeznaczenie uziomów odnosi się do kilku ważnych aspektów:

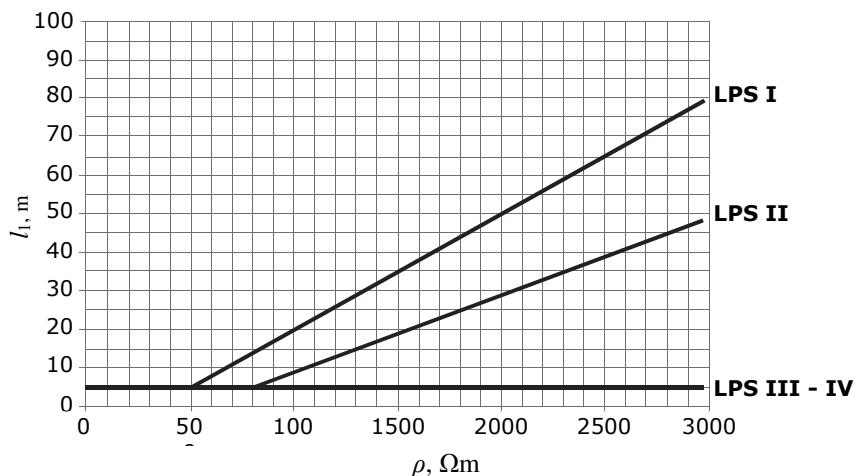
- zapewnienia poprawnej pracy instalacji elektrycznej,
- spełnienia wymagań odnośnie bezpieczeństwa dla zapewnienia prawidłowego funkcjonowania ochrony przeciwporażeniowej instalacji elektrycznych,
- skutecznego wyrównania potencjałów instalacji obiektu i odprowadzenia energii przepięć występujących w sieciach energetycznych lub powstających na skutek oddziaływania wyładowań atmosferycznych,
- odprowadzenia prądów zwarciovych doziemnych i prądów upływowych,
- bezpiecznego rozproszenia w ziemi prądu pioruna odprowadzonego z instalacji odgromowej (LPS).

Zasady projektowania uziomów dla celów instalacji odgromowej zawarto w normie PN-EN 62305-3:2009 [1], w której wyróżniono dwa typy uziomów:

- układ typu A: złożony z uziomów poziomych i pionowych instalowanych na zewnątrz obiektu budowlanego;

- układ typu B: w postaci uziomu otokowego, kratowego lub fundamentowego.

O skuteczności systemu uziomowego decyduje rezystancja uziemienia. W ogólnym przypadku, jeżeli nie zostały sprecyzowane specjalne wytyczne, dla obiektów budowlanych zaleca się, aby nie przekraczała ona wartości 10Ω . Dla spełnienia wymagań aktualnych norm odgromowych [1] wystarczy obecnie określić minimalną długość uziomu l_1 zgodnie z rysunkiem 1, przy czym kryterium konkretnej wartości 10Ω , o czym wspomniano wcześniej, uznano za „ogólnie zalecane”. Z rys. 1 wynika, iż wartość l_1 jest zależna od rezystywności gruntu ρ oraz od klasy projektowanej instalacji odgromowej LPS. Długości l_1 mogą zostać jednak pominięte jako kryterium, jeżeli uzyskana została rezystancja uziemienia jest mniejsza niż 10Ω . W przypadku obiektów specjalnych, takich jak stacje transformatorowe, dla celów ochrony przeciwporażeniowej, mogą być wymagane mniejsze wartości rezystancji.



Przykładowo, w serii **Rys. 1.** Minimalna długość l_1 każdego uziomu zgodnie z klasą LPS [1] norm PN-HD 60364 dotyczących instalacji elektrycznych niskiego napięcia pojawia się zalecenie, aby „rezystancja uziemienia części przewodzących dostępnych w stacji transformatorowej nie przekraczała 1Ω ” [4].

Biorąc pod uwagę tylko kryterium długości uziomu zgodnie z wykresami przedstawionymi na rys. 1 w układach uziomowych typu A minimalna długość każdego uziomu od podstawy przewodu odprowadzającego powinna być równa:

- l_1 dla uziomów poziomych lub
- $0,5 l_1$ dla uziomów pionowych lub nachylonych.

Przy stosowaniu uziomów złożonych (poziomych i pionowych) należy brać pod uwagę ich sumaryczną długość. Całkowita liczba uziomów nie powinna być mniejsza niż 2.

W układach typu B jako kryterium długości uziomu rozpatruje się średni promień r_e obszaru objętego uziomem otokowym lub uziomem fundamentowym, który nie powinien być mniejszy niż minimalna wymagana długość uziomu: $r_e \geq l_1$. Jeżeli warunek ten nie jest spełniony ($r_e < l_1$), to należy stosować dodatkowe uziomy poziome lub pionowe o długościach:

$$l_r = l_1 - r_e$$

dla dodatkowych uziomów poziomych lub

$$l_r = (l_1 - r_e) / 2$$

dla dodatkowych uziomów pionowych. Uziomy dodatkowe należy rozmieszczać w punktach, w których przyłączone są przewody odprowadzające instalacji odgromowej i w miarę możliwości w jednakowych odległościach wzdłuż obwodu uziomu typu B.

W praktyce rozbudowywanie systemu uziomowego o dodatkowe uziomy poziome i pionowe jest także często stosowane do uzyskania odpowiednio małej - wymaganej zgodnie z projektem – rezystancji uziemienia. Uzyskuje się to również przez pograżanie uziomów pionowych na większe głębokości.

Uziom otokowy, jako odmiana uziomu typu B, powinien być zakopany na głębokości co najmniej 0,5 m w odległości około 1 m od zewnętrznych ścian obiektu. Podobnie pozostałe typy uziomów (typu A) powinny być instalowane przy usytuowaniu ich górnych części na głębokości nie mniejszej niż 0,5 m. Z tego względu jedyną metodą oceny ciągłości połączeń uziomu z instalacją odgromową lub szyną wyrównawczą jest pomiar elektryczny. W tym celu wykonywane są zaciski probiercze zwane potocznie złączami kontrolno-pomiarowymi (ZKP). Zaciski probiercze lokalizowane są w miejscu połączenia przewodów odprowadzających instalacji odgromowej z przewodami uziemiającymi lub w specjalnych skrzynkach pomiarowych umieszczanych w gruncie

Uziom fundamentowy

Stosowanie uziomów fundamentowych jest zalecane zarówno w dokumentach normalizacyjnych dotyczących instalacji elektrycznych jak i odgromowych. Główne przyczyny preferowania takiego uziomu przez specjalistów związane są z łatwością i niskim kosztem jego wykonania, dobrym kontaktem fundamentu z gruntem, stabilnością jego rezystancji w czasie (mała zależność rezystywności fundamentu od zmian temperatury i wilgotności) i maksymalnym wykorzystaniem jego powierzchni do rozproszenia prądów uziomowych w gruncie.

Mając na uwadze, iż uziom fundamentowy tworzą metalowe elementy zalane betonem w fundamencie obiektu budowlanego, to dla zapewnienia ciągłości drogi elektrycznej prądu w takiej konstrukcji szczególną uwagę należy zwracać na jakość wzajemnych połączeń elementów metalowych. W praktyce budowlanej pręty zbrojeniowe konstrukcji żelbetonowych łączone są głównie za pomocą drutu wiązałkowego. W związku z tym, jeżeli fundament ma być skutecznie wykorzystany jako naturalny uziom obiektu, połączenia zbrojenia fundamentu winny być małooporowe. W celu uzyskania pewnych elektrycznie połączeń prętów zbrojenia zaleca się uzupełnienie fundamentu dodatkową siecią oczkową (z prętów lub płaskowników) powiązaną ze stałą zbrojenią z użyciem atestowanych zacisków śrubowych. Jeszcze lepsze, bo trwalsze są połączenia spawane lub wykonane metodą zgrzewania egzotermicznego. Wszelkie zabiegi związane z dodatkowymi połączeniami prętów zbrojeniowych powinny być uzgodnione z konstruktorem fundamentu, aby uzyskać pewność, że trwałość tak wykonanego uziomu fundamentowego nie będzie mniejsza niż trwałość budynku.

Istotną zaletą uziomów fundamentowych jest stabilna w czasie rezystancja uziemienia. Zagadnienie to zostało dobrze opisane na przykładzie obiektów budowlanych w opracowaniu



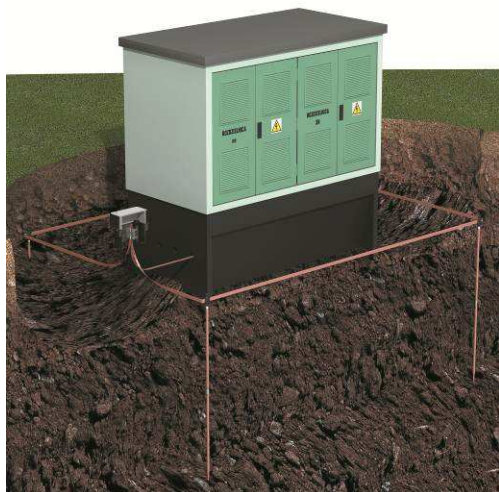
Rys. 2. Prawidłowo wykonane połączenie uziomu sztucznego (system pomiedziowany GALMAR) z uziomem fundamentowym

E.Musiała [6]. Wpływ na stabilność rezystancji uziomu fundamentowego mają następujące fakty:

- zazwyczaj fundamenty budynków otoczone są gruntem o rezystywności mniejszej niż warstwa powierzchniowa;
- z oczywistych względów rezystywność niższych partii gruntu jest mniej zależna od pory roku oraz warunków pogodowych;
- w budynkach o kilku kondygnacjach podziemnych uziom fundamentowy znajduje się pod najniższą z nich - na takich głębokościach zmienność temperatury i wilgotności gruntu w skali roku jest pomijalnie mała.

W przypadku, gdy parametry uziomu fundamentowego (rezystancja, wymiary geometryczne) są dostateczne dla zaprojektowanego przeznaczenia i nie jest wymagane stosowanie dodatkowych uziomów sztucznych, to taki uziom jest jednocześnie rozwiązaniem i skutecznym i tanim, nie wymagającym prowadzenia dodatkowych prac ziemnych niezbędnych do pograżenia uziomów sztucznych poziomych.

Łączenie uziomów fundamentowych z uziomami dodatkowymi



Rys. 3. Uziemienie stacji transformatorowej

Stosowanie fundamentu jako jedyne elementu uziomu napotyka określone ograniczenia wynikające z jego wymiarów lub wypadkowej rezystancji uziemienia. I tak, w przypadku obiektów wymagających ochrony odgromowej posadowionych na fundamencie o niedużej powierzchni, takich jak na przykład: wieże antenowe, domy jednorodzinne lub nieduże obiekty techniczne, może okazać się, że spełnienie kryterium minimalnych wymiarów fundamentu nie zostało spełnione. Oznacza to, iż średni promień powierzchni równoważnej r_e obszaru objętego uziomem fundamentowym może nie spełniać warunku

$$r_e = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \geq l_1,$$

wymaganego w normie odgromowej PN-EN 62035-3. W związku z tym, że dla IV i III klasy instalacji odgromowej, typowej dla takich obiektów, wymagana minimalna długość uziomu l_1 wynosi 5 m (Rys. 1), co odpowiada powierzchni $A = \pi r_e^2 = \pi 5^2 = 78,5 \text{ m}^2$, to wszystkie obiekty o mniejszej powierzchni objętej fundamentem wymagają zastosowania dodatkowych uziomów sztucznych.

Również w obiektach specjalnych, takich jak np. zewnętrzne rozdzielnie wolnostojące lub kioski aparaturowe, samodzielny uziom fundamentowy może być także niewystarczającym rozwiązaniem ze względu na konieczność uzyskania odpowiednio małej wymaganej rezystancji uziemienia, co nie jest możliwe ze względu na małą objętość fundamentu.

Ponadto - po przyłączeniu wszystkich urządzeń usługowych do obiektu, w którym zastosowano samodzielny uziom fundamentowy - pomiar rezystancji uziemienia może okazać się znacznie utrudniony lub wręcz niewykonalny ze względów eksploatacyjnych. Zazwyczaj

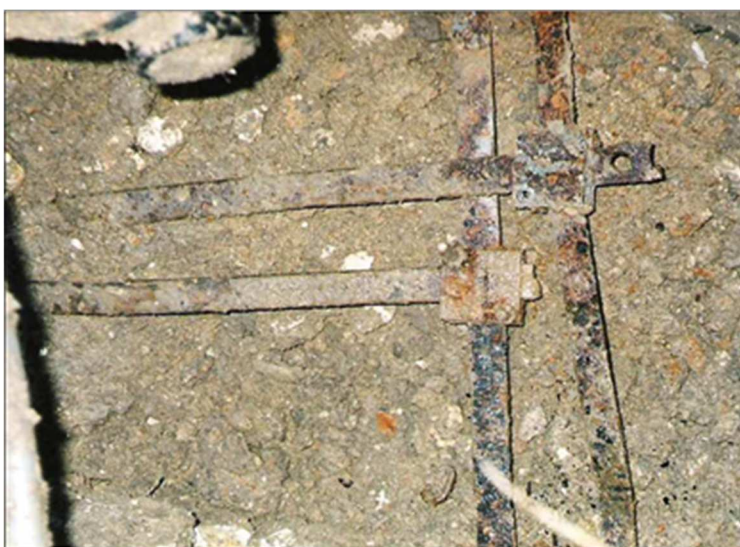
problem ten związany jest z niemożliwością odłączenia od uziomu urządzeń usługowych na czas wykonywania pomiarów rezystancji uziemienia.

Wymienione problemy ze stosowaniem samodzielnego uziomu fundamentowego można skutecznie wyeliminować poprzez zastosowanie dodatkowych uziomów sztucznych, które pozwolą na spełnienie warunku $r_e \geq I_1$ lub uzyskanie odpowiedniej rezystancji uziemienia. Przykład takiego rozwiązania dla zewnętrznej stacji transformatorowej pokazano na rys. 3. Podobnie dodanie jednego lub kilku uziomów pomocniczych z odpowiednimi zaciskami probierczymi ułatwi wykonywanie okresowych pomiarów rezystancji uziemienia fundamentowego.

Połączenie uziomu fundamentowego z dodatkowymi zewnętrznymi uziomami sztucznymi wiąże się jednak z kolejnym problemem, który w praktyce projektowej i wykonawczej jest zazwyczaj lekceważony. Problem dotyczy doboru nieodpowiednich materiałów na uziomy sztuczne, co może stwarzać warunki sprzyjające przyspieszonej korozji systemu uziomowego. Wiedza na ten temat wśród projektantów instalacji elektrycznych jest obecnie wielce niezadowalająca pomimo, iż wymagania w tym zakresie wprowadzono do aktów normalizacyjnych w naszym kraju już w kwietniu 2002 r. w normie PN-IEC 61024-1-2:2002 [13], a dwa lata później - w kwietniu 2004 r. - normę tę umieszczono w spisie norm przywołanych do Rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [14].

Korozja elektrochemiczna

Korozja uziomu prowadzi do wzrostu rezystancji uziemienia, a w skrajnych przypadkach nawet do jego całkowitego zniszczenia. Na rysunku 4 przedstawiono przykład stalowej bednarki ocynkowanej umieszczonej w gruncie, która połączona z uziomami fundamentowymi konstrukcji masztu antenowego uległa bardzo silnej korozji po 12 latach eksploatacji. Podobnie jak w przypadku łączenia różnych materiałów



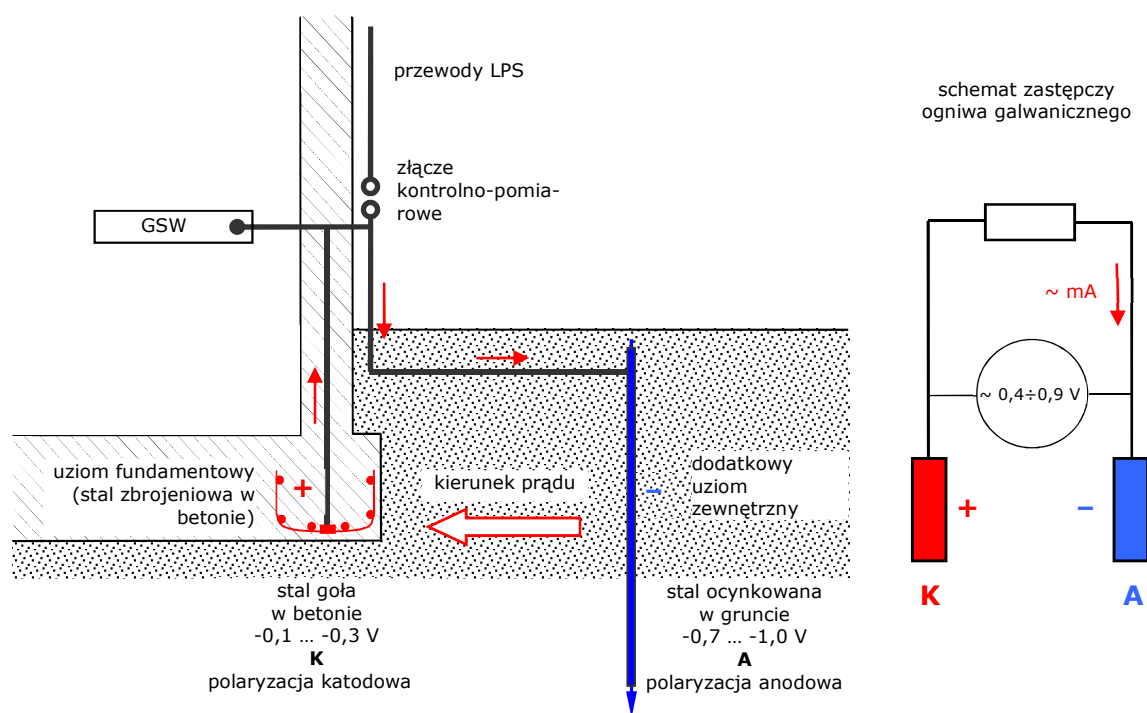
Rys. 4. Skorodowana bednarka ocynkowana po 12 latach eksploatacji

w instalacji elektrycznej, gdzie przykładowo nie jest dopuszczalne bezpośrednie łączenie elementów aluminiowych z miedzianymi, należy zwracać uwagę na dobór właściwych materiałów w systemach uziemiających.

Różne metale umieszczone w wilgotnym gruncie lub betonie, czyli w środowisku elektrolitycznym, przyjmują różny potencjał elektryczny mierzony względem elektrody odniesienia. Połączone ze sobą różne materiały tworzą ogniwo galwaniczne, przez które w wyniku różnicy potencjałów może nieustannie płynąć prąd stały. Nawet jeżeli wartość tego prądu jest stosunkowo niewielka, rzędu miliamperów, to jest to zjawisko groźne, ponieważ trwa

nieprzerwanie. Przyjmuje się, że różnica potencjałów przekraczająca 0,6 V stwarza już warunki sprzyjające przyspieszonej korozji

Potencjał stali umieszczonej w betonowym fundamencie otoczonym wilgotnym gruntem mierzony względem elektrody odniesienia Cu/CuSO₄ wynosi od -0,1 V do -0,3 V [6, 7]. Potencjał stali ocynkowanej – stosowanej często na uziomy sztuczne, jako rozwiązanie najtańsze - umieszczonej w tym samym gruncie, mierzony względem tej samej elektrody odniesienia wynosi od -0,7 V do -1,0 V. Takie połączenie daje w rezultacie różnice potencjałów bliską wartości 0,4 ÷ 0,9 V. Z tego względu łączenie stali ocynkowanej ze stałą uziomu fundamentowego jest niedopuszczalne, ponieważ będzie powodowało przyspieszenie korozji tej pierwszej. Potencjał zbliżony do potencjału stali w betonie posiada miedź lub stal pomiedziowana, dla których waha się on w zakresie od 0,0 V do -0,2 V. Zagrożenie korozją elektrochemiczną pojawiające się w wyniku utworzenia ogniwa galwanicznego w wyniku połączenia uziomu fundamentowego i uziomu zewnętrznego ze stali ocynkowanej przedstawiono na rys. 5.



Rys. 5. Zagrożenie korozją elektrochemiczną w wyniku połączenia uziomu fundamentowego i uziomu zewnętrznego ze stali ocynkowanej

Zalecenia normatywne

Zalecenia dotyczące doboru odpowiednich materiałów na uziomy sztuczne łączone z uziomem fundamentowym zawarto między innymi w normie odgromowej PN-EN 62305-3 [1], a także w normie dotyczącej uziemień instalacji elektrycznych niskiego napięcia PN-HD 60365-5-54 [5].

W treści normy PN-EN 62305-3:2009 w punkcie E.5.4.3.2 *Uziomy fundamentowe* można znaleźć zapis informujący o zagrożeniu, jakie występuje, gdy uziom zewnętrzny jest wykonany ze stali czarnej lub stali ocynkowanej:

„(...)Dalszy problem wiąże się z korozją elektrochemiczną pod wpływem prądów galwanicznych. Stal w betonie ma w przybliżeniu taki sam potencjał galwaniczny szeregu elektrochemicznego, co miedź w gruncie. A zatem, gdy stal w betonie jest połączona ze stalą w ziemi, to czynne napięcie galwaniczne, równe w przybliżeniu 1 V, powoduje przepływ prądu korozji w gruncie oraz mokrym betonie i rozpuszcza stal w gruncie.

*Gdy umieszczone w gruncie uziomy mają połączenie ze stalą w betonie, **to powinny być wykonane z miedzi lub ze stali nierdzewnej.**”*

Jak już wspomniano o tym wcześniej, zalecenia w tym zakresie zawierała już poprzednia edycja norm odgromowych PN-IEC 61024-1 [4÷6] wprowadzona do stosowania w latach 2001-2002, która w roku 2004 została wymieniona w wykazie norm przywołanych do Rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [2, 14]. Najnowsza wersja normy PN-EN 62305-3:2011 rozszerza powyższy zapis i dopuszcza do stosowania w takich przypadkach także **stal pomiedziowaną**.

Problem ten podnoszony jest także w normie PN-HD 60365-5-54 [5] w punktach 542.2.5 oraz C.4, zgodnie z treścią których **stali ocynkowanej nie należy stosować na uziomy sztuczne łączone z uziomem fundamentowym**, a dla zapewnienia dostatecznej żywotności systemu uziemiającego należy stosować elementy wykonane ze stali nierdzewnej lub innej dobrze zabezpieczonej przy pomocy odpowiednich prefabrykowanych powłok chroniących przed wilgocią.

Zalecenia dotyczące dopuszczalnych rodzajów metali używanych na uziomy, ich kształty oraz wymiary znaleźć można w normach:

- PN-EN 62305-3:2011 [1 - Tablica 7] dotyczącej zasad projektowania ochrony odgromowej,
- PN-EN 62561-2:2012 [8 - Tablica 3], dotyczącej wymagań dla elementów instalacji piorunochronnej,
- PN-HD 60364-5-54:2011 [5 - Tablica 54.1] dotyczącej uziemień instalacji elektrycznych niskiego napięcia.

W tablicy 1. zebrano wymagania powyższych norm dotyczące materiałów, jakie należy stosować na uziomy sztuczne łączone z uziomem fundamentowym: miedzi, stali pomiedziowanej i stali nierdzewnej. Wymagania poszczególnych norm w dużym stopniu się pokrywają. Nieznaczne różnice dotyczą głównie wymiarów prętów i taśm ze stali nierdzewnej przedstawionych w normie PN-HD 60364-5-54 w stosunku do norm odgromowych. W nawiasach przedstawiono wartości, które mogą być stosowane tylko w przypadku, gdy system uziemiający ma za zadanie spełniać jedynie wymagania ochrony przeciwporażeniowej, a nie ochrony odgromowej.

Tablica 1. Materiały dopuszczone do stosowania jako uziomy sztuczne łączone z uziomem fundamentowym [1, 5, 8]

Materiał	Kształt	Minimalne wymiary średnica/przekrój/grubość [grubość powłoki] mm/mm ² /mm [μm]		
		PN-HD 60364-5-54:2011	PN-EN 62305-3:2011	PN-EN 62561-2:2012
Miedź	Drut	- / (25) ¹⁾ 50 / -	- / 50 / -	8 / 50 / -
	Taśma	- / 50 / 2	- / 50 / -	- / 50 / 2
	Pręt	(12) 15 / - / -	15 / - / -	15 / 176 / -
	Linka	1,7 ²⁾ / (25) ¹⁾ 50 / -	- / 50 / -	1,7 ²⁾ / 50 / -
	Rura	20 / - / 2	20 / - / -	20 / 110 / 2
	Płyta lita ³⁾	- / (1,5) ¹⁾ 2	500 x 500 / -	500 x 500 / 1,5
	Krata ³⁾	- / 2	600 x 600 ⁴⁾ / -	600 x 600 / - ⁵⁾
Stal pomiedziowana elektrolitycznie	Drut	(8) / - / - [70 μm]	- / 50 / -	8 / 50 / - [250 μm]
				10 / 78 / - [70 μm]
	Taśma	- / 90 / 3 [70 μm] ¹⁾	- / 90 / -	- / 90 / 3 [70 μm]
	Pręt	14 / - / - [250 μm] ¹⁾	14 / - / -	14 / 150 / - [250 μm]
Stal nierdzewna	Drut	10 / - / -	- / 78 / -	10 / 78 / -
	Taśma	- / 90 / 3	- / 100 / -	- / 100 / 2
	Pręt	16 / - / -	15 / - / -	15 / 176 / -
	Rura	25 / - / 2		
Uwagi: ¹⁾ - wartości w nawiasach zwykłych dotyczą uziomów przeznaczonych jedynie do celów ochrony przeciwporażeniowej ²⁾ - minimalna średnica podana dla pojedynczego drutu wchodzącego w skład linki ³⁾ - dla płyt i krat podane wymiary to powierzchnia/grubość ⁴⁾ - kratownica skonstruowana z przewodu o długości co najmniej 4,8 m ⁵⁾ - zbudowana z taśmy o wymiarach poprzecznych 25 x 2 mm lub drutu o średnicy 8 mm				

Uziomy pomiedziowane

Elementy wykonane z miedzi lub ze stali nierdzewnej charakteryzują się wysoką ceną i z tego względu projektanci lub wykonawcy często rezygnują z ich stosowania. Dopuszczenie w najnowszych arkuszach norm stali pomiedziowanej galwanicznie daje rozwiązanie najbardziej opłacalne pod względem ekonomicznym z jednoczesnym zachowaniem właściwości zbliżonych do miedzi, a zarazem zgodne z najnowszymi normami. Elementy wykonane ze stali pomiedziowanej charakteryzują się wysoką odpornością na korozję dzięki stosowaniu grubej powłoki miedzi oraz wytrzymałością na rozciąganie typową dla stali.

W normach [5] i [8] zawarte są minimalne grubości warstw miedzi, które wynoszą 70 μm dla bednarek i przewodów oraz 250 μm dla prętów wykorzystywanych na uziomy pionowe. Taka powłoka powinna zawierać 99,9 % czystej miedzi.

Bednarki układane w wykopach i zasypywane ziemią nie podlegają istotnym narażeniom mechanicznym, stąd w ich przypadku wymagana jest jedynie powłoka miedzi o grubości 70 μm. Bednarka pomiedziowana musi być jednak wystarczająco odporna na wyginanie, a

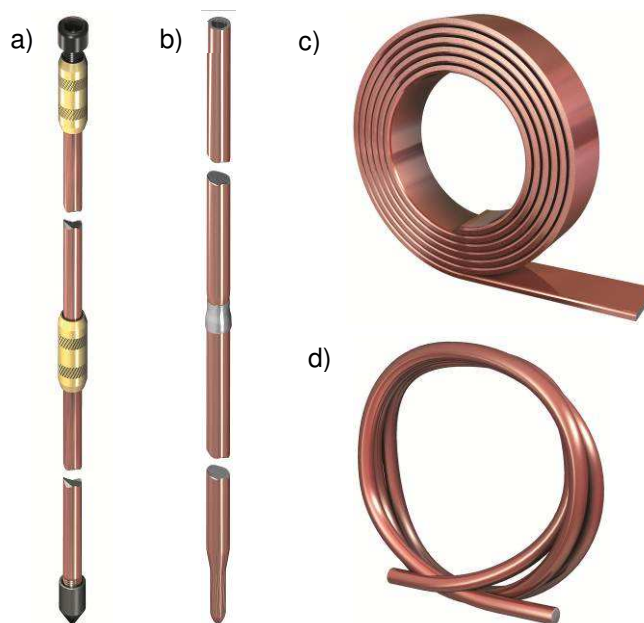
takie narażenie nie może powodować odwarstwiania się miedzianej powłoki ochronnej. Znacznie grubsza powłoka jest wymagana w przypadku prętów wykorzystywanych na uziomy pionowe. Ze względu na duże narażenia mechaniczne podczas wbijania takiego uziomu, minimalna grubość powłoki miedzi powinna wynosić min. 250 μm . Dodatkowo dla pomiedziowanych prętów stalowych zdefiniowano wymagania wytrzymałościowe na rozciąganie siłą 600 N/mm².

Wśród producentów elementów uziemiających wykonywanych ze stali pomiedziowanej Polska może poszczycić się ofertą produktów firmy GALMAR, cenionej za jakość wyrobów nie tylko w kraju, ale także na całym świecie. Pomiedziowane systemy uziemień firmy GALMAR spełniają wymagania norm [1, 4, 8] przedstawione w tabeli 1. w zakresie minimalnych wymiarów oraz wymagania normy [8] odnośnie testowania na narażenia mechaniczne.

Oferowane bednarki pomiedziowane o wymiarach przekroju 25 x 4 mm oraz

30 x 4 mm to produkty unikalne w skali światowej, spełniające stawiane im wymagania odnośnie minimalnej powierzchni przekroju (90 mm²), jak i grubości taśmy (3 mm) oraz grubości powłoki miedzianej (70 μm). Przeprowadzone testy dowodzą, że powłoka miedzi o grubości 70 μm i czystości 99,9 %, charakteryzuje się wysoką przyczepnością i plastycznością. Przeprowadzone przez firmę GALMAR badania wykazały ponadto, że bednarki i druty pomiedziowane korodują około 5,5 razy wolniej niż bednarki i druty ocynkowane ogniowo - szybkość korozji ocynkowanych uziomów wyniosła 0,0481 mm/rok, natomiast uziomów pomiedziowanych 0,0090 mm/rok [9].

Uziomy pionowe firmy GALMAR oferowane są w dwóch wersjach zależnych od sposobu łączenia kolejnych prętów. Dostępne są uziomy gwintowane, łączone za pomocą złączek oraz tzw. uziomy kute łączone metodą bolec-wpust. Oba typy uziomów dostępne są w znormalizowanych średnicach 14,2 mm i 17,2 mm (minimalna wymagana średnica wg norm: 14 mm). Uziomy te mogą być łączone w celu uzyskania odpowiednio długiego uziomu pionowego (o długości nawet do 30 m dla uziomu łączonego złączkami) w celu osiągnięcia wymaganej rezystancji uziemienia. Wysoka wytrzymałość na rozciąganie 600 N/mm² umożliwia głębokie pogrążenie za pomocą wibromłotów. Powłoka miedziana o grubości min. 250 μm gwarantuje wytrzymałość przy pogrążaniu w ziemi oraz żywotność uziomu w glebie określaną na co najmniej 30 lat. Rozpoczęty w 2003 r. wieloletni program badań korozji uziomów pionowych, w którym badaniom poddano zakopane na różnych poletkach doświadczalnych uziomy stalowe z powłoką miedzianą oraz cynkową (otrzymaną ogniowo i



Rys. 6 Systemy uziemień GALMAR:

- uziom stalowy pomiedziowany $d=14,2$ mm z powłoką 250 μm gwintowany (a) i kuty (b)
- bednarka (c) i drut (d) stalowy pomiedziowany z powłoką 70 μm

galwanicznie) wskazują na wyższą odporność na korozję uziomów pomiedziowanych [10]. Po czterech latach od pogrążenia uziomów w ziemi grubość powłoki miedzi nie uległa zauważalnym zmianom (przy początkowej grubości powłoki Cu 260...360 μm) podczas, gdy powłoka uziomów stalowych ocynkowanych galwanicznie uległa niemal całkowitej degradacji (przy początkowej grubości powłoki Zn 20...30 μm), a w przypadku uziomów ocynkowanych ogniowo zmniejszyła się o około 25...30 % (przy początkowej grubości powłoki Zn 50...60 μm). Także wieloletnie badania prowadzone za granicą dowodzą wyższości powłok miedzianych nad cynkowymi [11, 12].

Podsumowanie

Analizując zapisy najnowszych norm dotyczących ochrony odgromowej oraz norm dotyczących instalacji elektrycznych optymalne rozwiązanie stanowią obecnie uziemienia wykonane ze stali pomiedziowanej elektrolitycznie. Przy obecnych cenach elementów z miedzi i stali nierdzewnej oraz wysokim ryzyku kradzieży tych pierwszych, jest to rozwiązanie najbardziej opłacalne pod względem ekonomicznym. Tylko elementy z odpowiednią grubością powłoki miedzi (250 μm dla prętów, 70 μm dla bednarek) zapewniają zgodność z wszystkimi normami (dotyczącymi zarówno ochrony odgromowej, jak i instalacji elektrycznych) i są dopuszczone do stosowania w każdym przypadku, także jako uziomy sztuczne łączone z uziomem fundamentowym.

Projektanci i wykonawcy dla zapewnienia wystarczającej żywotności instalacji uziemiających powinni zwracać szczególną uwagę na dobór odpowiednich materiałów. Kwestia ta jest szczególnie istotna w przypadku wykorzystywania uziomów fundamentowych. Tylko stosowanie materiałów wysokiej jakości zgodnych z najnowszymi normami zapewni skuteczne i trwałe działanie systemu uziemiającego.

Literatura

- [1] PN-EN 62305-3:2011 Ochrona odgromowa. Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektu i zagrożenie życia
- [2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz.U. 2002 nr 75 poz. 690
- [3] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 10 grudnia 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz.U. 2010 nr 239 poz. 1597
- [4] PN-HD 60364-4-442:2012 Instalacje elektryczne niskiego napięcia -- Część 4-442: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa -- Ochrona instalacji niskiego napięcia przed przepięciami dorywczymi powstającymi wskutek zwarć doziemnych w układach po stronie wysokiego i niskiego napięcia
- [5] PN-HD 60364-5-54:2011 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 5-54 : Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Uziemienia, przewody ochronne i przewody połączeń ochronnych.
- [6] Musiał E, „Uziomy fundamentowe i parafundamentowe”, Miesięcznik SEP INPE „Informacje o normach i przepisach elektrycznych”, nr 143, s. 3-33, sierpień 2011
- [7] „Ochrona elektrochemiczna przed korozją. Teoria i praktyka”, praca zbiorowa, WNT Warszawa 1971

- [8] PN-EN 62561-2:2012 Elementy urządzenia piorunochronnego (LPSC) -- Część 2: Wymagania dotyczące przewodów i uziomów
- [9] *Uziemienia*, katalog GALMAR (<http://www.galmar.pl/Galmar-Uziemienia.pdf>)
- [10] M. Łoboda, „*Badania korozyjne uziomów pionowych*”, *Elektrosystemy*, nr 4/2008, s. 78-82, kwiecień 2008
- [11] Drisko R. W., „*Field Testing of Electrical Grounding Rods*”, Naval Civil Engineering Laboratory, Port Hueneme, California, published by United States Department of Commerce, National Technical Information Service, luty 1970
- [12] Rempe Ch., „*A Technical Report on The Service Life of Ground Rod Electrodes*”, 2003
- [13] PN-IEC 61024-1-2:2002: Ochrona odgromowa obiektów budowlanych. Zasady ogólne. Część 1-2: Przewodnik B - Projektowanie, montaż, konserwacja i sprawdzanie urządzeń piorunochronnych
- [14] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 7 kwietnia 2004 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz.U. 2004 nr 109 poz.1156